

#3
DEWA
4-12-00

PATENTS

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of

Kazumi KOIKE

Serial No. (unknown)

Filed herewith

METHOD OF CORRECTING IMAGE DATA
PICKED UP FROM PHOTOGRAPHIC FILM

10/92/21
10/025467
Jc997 U.S. PTO

CLAIM FOR FOREIGN PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119
AND SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Assistant Commissioner for Patents

Washington, D.C. 20231

Sir:

Attached hereto is a certified copy of applicants' corresponding patent applications filed in Japan under 2000-395474 filed on 26 December 2000, and 2000-396701 filed on 27 December 2000.

Applicant herewith claims the benefit of the priority filing date of the above-identified application for the above-entitled U.S. application under the provisions of 35 U.S.C. 119.

Respectfully submitted,

YOUNG & THOMPSON

By

Thomas W. Perkins
Attorney for Applicant
Customer No. 000466
Registration No. 33,027
745 South 23rd Street
Arlington, VA 22202
703/ 521-2297

December 26, 2001

BEST AVAILABLE COPY

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

JC997 U.S. PTO
10/025467



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年12月26日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-395474

出 願 人

Applicant(s):

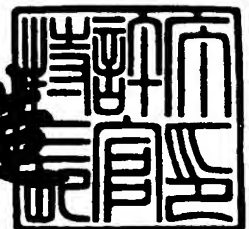
富士写真フイルム株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年 8月 3日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



【書類名】 特許願

【整理番号】 P20001226A

【提出日】 平成12年12月26日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G03C 3/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県南足柄市中沼 2 1 0 番地 富士写真フイルム株式会社内

【氏名】 小池 和己

【特許出願人】

【識別番号】 000005201

【氏名又は名称】 富士写真フイルム株式会社

【代理人】

【識別番号】 100075281

【弁理士】

【氏名又は名称】 小林 和憲

【電話番号】 03-3917-1917

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011844

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 撮影画像の補正方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 撮影レンズで撮影した原画像から画素ごとに原画像データを抽出し、これらの原画像データを再配列することによって前記撮影レンズのもつディストーション又は撮影時における結像面の湾曲による原画像の歪みのうち少なくとも 1 つを補正する撮影画像の補正方法において、

撮影レンズの光軸が原画像の結像面と交差する位置を原点として前記結像面上で互いに直交する X 軸と Y 軸により直交座標を設定し、直線を撮影したときの原画像の歪みを、X 軸上及び Y 軸上にそれぞれ中心を持ち原点から前記中心までの距離に応じて半径が異なる X 軸上近似円と Y 軸上近似円の円弧で近似するとともに、座標 (x, y) の原画像データを、座標 (x, y) を通過する Y 軸上近似円と X 軸との交点の x 座標 a と、座標 (x, y) を通過する X 軸上近似円と Y 軸との交点の y 座標 b による座標 (a, b) に座標変換して再配列することを特徴とする撮影画像の補正方法。

【請求項 2】 前記 X 軸上近似円を、その半径を R_x としたとき、

$$R_x^2 = (x - (a + R_x))^2 + y^2$$

で表し、前記 Y 軸上近似円を、その半径を R_y としたとき、

$$R_y^2 = x^2 + (y - (b + R_y))^2$$

で表し、また、半径 R_x 、 R_y を

$$R_x = \alpha / x^{2n}$$

$$R_y = \beta / y^{2m}$$

としておき、撮影レンズのディストーション又は撮影時における結像面の湾曲に応じて予め係数 α 、 β 、 n 、 m を設定しておき、これらの式から座標 (a, b) を求めることを特徴とする請求項 1 記載の撮影画像の補正方法。

【請求項 3】 前記原画像の歪みを補正するとともに、撮影時における結像面の湾曲による原画像の像倍率の変化を補正することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の撮影画像の補正方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、撮影レンズのディストーション（歪曲収差）や、フィルムを湾曲させて撮影した場合に発生する画像の歪みを補正する撮影画像の補正方法に関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

現在、写真撮影用の撮影道具としては、一眼レフカメラやコンパクトカメラ等の他に、手軽に写真撮影を楽しむことができるようにしたレンズ付きフィルムユニットが知られている。レンズ付きフィルムユニットは、撮影レンズやシャッター装置などの撮影機構を組み込んだユニット本体に予め未露光の写真フィルムを内蔵させたもので、購入したその場ですぐに写真撮影ができ、撮影後にもそのまま現像取り扱い店に出せばよいという簡便性から、一般に広く利用されている。

【 0 0 0 3 】

上記のようなレンズ付きフィルムユニットに搭載される撮影レンズは、一般に 1 ～ 2 枚の樹脂製のレンズから構成されている。このように 1 ～ 2 枚のレンズで撮影レンズを構成した場合に、撮影レンズの性能だけで諸収差の改善を図り、画質を向上させるのは困難である。このため、従来のレンズ付きフィルムユニットでは、画質を劣化させる 1 つの要因である撮影レンズの像面湾曲に対しては、物体側に曲率中心を持つようにして露光画面の長手方向を湾曲させて写真フィルムを支持し、この写真フィルムのフィルム面に露光を与えることにより、露光画面の全域でピントが良好に合うようにしている。

【 0 0 0 4 】

また、画質を劣化させる要因としては、上述した像面湾曲の他に、撮影レンズの性能に起因するディストーション（歪曲収差）が代表的である。良好な撮影画像を得るためには、光軸に対して垂直な平面は、結像面でそれに対応して結像される必要があるが、通常のレンズでは、結像位置が光軸方向にずれを生じ、結像画像にディストーションを生じる。そのため、フィルムに撮影された画像を再生すると、得られた画像が歪んだものになってしまう。

【 0 0 0 5 】

一眼レフ等の様にある程度のコストを掛けられるカメラであれば、精度の高いレンズを用い、さらに複数枚のレンズを組み合わせることにより、ディストーションなどの各種の収差を補正してフィルムに適正画像を撮影することができる。しかしながら、レンズ付きフィルムユニットやコンパクトカメラ等ではレンズにコストを掛けることができないため、フィルムに撮影された画像にディストーションなどが生じてしまう。その結果、プリントとして再生された画像が歪みを有するものとなってしまふ。

【 0 0 0 6 】

このようなレンズの収差特性に起因する画質の劣化の問題に対して、ある情報取得手段を介して得られるレンズの収差特性に応じて画像の収差の補正を行う画像処理方法や画像処理装置に関する技術が、特開平 1 1 - 3 1 3 2 1 4 号公報、及び特開 2 0 0 0 - 1 2 5 1 7 4 号公報などに開示されている。これらの技術によって、レンズ付きフィルムユニットなどのようにディストーションが発生しやすいカメラで撮影された画像であっても、画像処理によってディストーションを補正して歪みのない高画質な画像が得られると記載されている。

【 0 0 0 7 】

例えば、特開平 1 1 - 3 1 3 2 1 4 号公報に記載されている画像処理方法では、フィルムに記録された原画像をスキャナなどで光学的に読み取り、画素ごとの原画像データとして抽出する際に、原画像を撮影した撮影レンズのレンズ情報を同時に読み取り、得られたレンズ情報に基づいて、ディストーションを補正する画像処理を原画像データに施し出力するものである。この画像処理の際には、原画像データに設定された座標値を、レンズ情報に応じて予め設定されている補正式、及びその補正式に使用する補正係数によって座標変換し、再配列することによって歪みを補正するものである。また、特開 2 0 0 0 - 1 2 5 1 7 4 号公報に記載されている画像処理方法では、ディストーションを補正する補正式として、歪み率 $f(r) = (r' - r) / r'$ (但し、 r は光軸からの距離、 r' は距離 r がディストーションにより変動した後の距離) の式を用いてディストーションを補正する画像処理を施している。

【 0 0 0 8 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記特開平 1 1 - 3 1 3 2 1 4 号公報に記載されている画像処理方法では、レンズ情報に応じて予め設定される補正式が、具体的に上げられていない。もし、このような画像処理方法に複雑な補正式を用いると、演算処理の過程で膨大な時間を要するため、レンズ付きフィルムユニットの現像処理のように、大量のプリントを行う画像処理装置には適用することができない。

【 0 0 0 9 】

また、上記特開 2 0 0 0 - 1 2 5 1 7 4 号公報に記載されている画像処理方法では、ディストーションを補正する画像処理のみに対応しており、他の画質劣化を発生させる歪みの補正処理には対応していない。ところが、上述したような像面湾曲に対する対策として、写真フィルムを湾曲させて支持した場合、光軸付近での撮影レンズから写真フィルムまでの距離と、画面周辺部での撮影レンズから写真フィルムまでの距離が変化してしまうため、これによる歪みが発生する。このため、歪曲収差に対する補正のみでは、満足のいく画質を得ることができない。

【 0 0 1 0 】

本発明は上記の事情を考慮してなされたものであり、画質を劣化させる要因の 1 つである撮影レンズに起因するディストーション、及び写真フィルムを湾曲させて撮影したことにより発生する歪みを、簡単な演算処理を行うことにより補正することができる撮影画像の補正方法を提供することを目的とする。

【 0 0 1 1 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、請求項 1 記載では、撮影レンズで撮影した原画像から画素ごとに原画像データを抽出し、これらの原画像データを再配列することによって前記撮影レンズのもつディストーション又は撮影時における結像面の湾曲による原画像の歪みのうち少なくとも 1 つを補正する撮影画像の補正方法において、撮影レンズの光軸が原画像の結像面と交差する位置を原点として前記結像面上で互いに直交する X 軸と Y 軸により直交座標を設定し、直線を撮影したとき

の原画像の歪みを、X軸上及びY軸上にそれぞれ中心を持ち原点から前記中心までの距離に応じて半径が異なるX軸上近似円とY軸上近似円の円弧で近似するとともに、座標(x, y)の原画像データを、座標(x, y)を通過するX軸上近似円とX軸との交点のx座標aと、座標(x, y)を通過するY軸上近似円とY軸との交点のy座標bによる座標(a, b)に座標変換して再配列している。

【0012】

また、請求項2記載の撮影画像の補正方法では、前記X軸上近似円を、その半径をR_xとしたとき、

$$R_x^2 = (x - (a + R_x))^2 + y^2$$

で表し、前記Y軸上近似円を、その半径をR_yとしたとき、

$$R_y^2 = x^2 + (y - (b + R_y))^2$$

で表し、また、半径R_x、R_yを

$$R_x = \alpha / x^{2n}$$

$$R_y = \beta / y^{2m}$$

としておき、撮影レンズのディストーション又は撮影時における結像面の湾曲に応じて予め係数α、β、n、mを設定しておき、これらの式から座標(a, b)を求めている。

【0013】

さらに、請求項3記載の撮影画像の補正方法では、前記原画像の歪みを補正するとともに、撮影時における結像面の湾曲による原画像の像倍率の変化を補正している。

【0014】

【発明の実施の形態】

図1にフィルム面を湾曲させるように支持して撮影を行うレンズ付きフィルムユニットの一例を示す。レンズ付きフィルムユニット2は、各種撮影機構が組み込まれたユニット本体3と、このユニット本体3を部分的に覆う外装紙4とからなり、ユニット本体3には未露光の写真フィルムが予め装填されている。

【0015】

ユニット本体3の前面には、撮影レンズ5、ファインダ6の対物側窓6a、ス

トロボ発光部 7, ストロボユニットをオン, オフするためのストロボ操作部材 8 が設けられている。また、上面には、シャッターボタン 9, 残り撮影可能コマ数を表示するカウンタ窓 10, ストロボ充電の完了を表示する表示用ライトガイド 11 が突出される開口 12 が設けられている。さらに、ユニット本体 10 の背面側には、1 コマの撮影ごとに回転操作される巻上げノブ 13 が露呈されている。

【0016】

図 2 にユニット本体 3 の分解斜視図を示す。ユニット本体 3 は、本体基部 15, 前カバー 16, 後カバー 17, ストロボユニット 18, 電池 19 等から構成され、このユニット本体 3 内にフィルムパトローネ 20 が製造時に装填される。フィルムパトローネ 20 は、135 タイプのものであり、パトローネ 21 とネガタイプの写真フィルム 22 とからなる。

【0017】

本体基部 15 の前面中央部には、撮影レンズ 5 から写真フィルム 22 までの間の撮影光路を遮光する暗箱 24 が一体に形成されている。この暗箱 24 を挟む両側方には、パトローネ 21 が収納されるパトローネ室 25 と、パトローネ 21 から引き出されてロール状に巻かれた写真フィルム 22 が収納されるフィルム室 26 とが一体に設けられている。

【0018】

暗箱 24 の外側には、シャッターボタン 9 の押圧操作に応答してシャッター羽根を駆動するシャッター機構やフィルムカウント機構等を構成する各種部品や撮影レンズ 5 等が取り付けられる。暗箱 24 の背面には、写真フィルム 22 上で撮影コマのサイズ、すなわち露光画面 22a を画定するアパーチャ（図示省略）が形成されている。露光画面 22a は、約 24×36 mm となっており、写真フィルム 22 の長手方向に長い長方形とされる。露光画面 22a の中心は、撮影レンズ 5 の撮影光軸 5a と一致するように画定される。

【0019】

パトローネ室 25 の上部には、巻上げノブ 13 が回転自在に取り付けられている。この巻上げノブ 13 の回転操作で写真フィルム 22 の撮影済の部分がパトローネ 21 内に巻き上げられ、未露光の部分がアパーチャの背後にセットされる。

【 0 0 2 0 】

前カバー 1 6 は、その前面にファインダ 6 の対物側窓 6 a の他、撮影レンズ 5 や、ストロボ発光部 7、ストロボ操作部材 8 を露呈させる開口が形成されており、本体基部 1 5 の前面を覆う。

【 0 0 2 1 】

後カバー 1 7 は、本体基部 1 5 の背面を覆うように取り付けられる。この後カバー 1 7 には、パトローネ室 2 5 とフィルム室 2 6 との底面を塞ぐ底蓋 1 7 a、1 7 b が一体に形成されている。フィルムパトローネ 2 0 が装填された本体基部 1 5 に後カバー 1 7 を取り付けた後に、底蓋 1 7 a、1 7 b が閉鎖されてパトローネ室 2 5 及びフィルム室 2 6 が光密に塞がれる。底蓋 1 7 a は、現像所で撮影済のフィルムパトローネ 2 0 を取り出す際に開放される。

【 0 0 2 2 】

後カバー 1 7 には、本体基部 1 5 のアパーチャと対面する部分にフィルム支持面 3 0 が形成されている。このフィルム支持面 3 0 と本体基部 1 5 との隙間によって、パトローネ室 2 5 とフィルム室 2 6 とを連絡するフィルム給送路が形成される。

【 0 0 2 3 】

フィルム支持面 3 0 は、物体側に向けて凹状となるように写真フィルム 2 2 の給送方向が湾曲され、アパーチャの上下に設けられたフィルムガイドレール（図示省略）は、フィルム支持面 3 0 側に凸状となるように写真フィルム 2 2 の給送方向に湾曲されている。

【 0 0 2 4 】

図 3 に模式的に示すように、撮影レンズ 5 からの撮影光は、絞り開口 3 1 を介して暗箱 2 4 内に入射し、写真フィルム 2 2 の露光画面 2 2 a 内に露光を与える。アパーチャの背面側に位置決めされた露光画面 2 2 a のフィルム面は、前述のフィルム支持面 3 0 とガイドレールとによって、撮影レンズ側（物体側）に曲率中心を持つようにして、曲率半径 R で露光画面の長手方向を湾曲した形状で支持される。これにより、撮影レンズ 5 の像面湾曲に起因するピントのボケを改善する。

【 0 0 2 5 】

ストロボユニット 1 8 は、各種電気部品が取り付けられたプリント基板 3 2、放電管やリフレクタ、拡散板等からなるストロボ発光部 7、充電スイッチ 3 3、シンクロススイッチ 3 4、ストロボ操作部材 8 が一体に形成されたスイッチ板 3 5、このスイッチ板 3 5 をスライド自在に支持する受け板 3 6 等から構成され、電池 1 9 を電源としている。このストロボユニット 1 8 は、ストロボ操作部材 8 が上方にスライドされて充電スイッチ 3 3 がオンとなると充電を行い、シャッタ羽根の開閉に同期してシンクロススイッチ 3 4 がオンとなることでストロボ発光する。

【 0 0 2 6 】

上記レンズ付きフィルムユニットに装填される写真フィルム 2 2 には、そのレンズ付きフィルムユニットの種類に固有の機種コードが光学的にサイドプリントされている。本実施形態では、この従来より写真フィルム 2 2 にサイドプリントされている機種コードを利用して、詳細を後述するように、歪み補正処理に使用する係数 α 、 β 、 n 、 m 、 γ 、 δ 、 ε 、及び ρ を特定する。

【 0 0 2 7 】

図 4 に本発明を実施したデジタルプリンタの構成を示す。このデジタルプリンタ 4 0 は、大別して補正装置としての機能を有する画像入力部 4 1 と、印画紙に画像をプリントする画像記録部 4 2 とからなる、画像入力部 4 1 は、撮影装置の種類が入力される入力手段としてのコードリーダー 4 3、写真フィルム 2 2 の各露光画面 2 2 a からカラー画像を読み取るスキャナ 4 4、画像メモリ 4 5、画像処理回路 4 6、及びこれらを制御するコントローラ 4 7 等からなる。

【 0 0 2 8 】

デジタルプリンタ 4 0 に現像済みの写真フィルム 2 2 がセットされると、この写真フィルム 2 2 が図示しない搬送機構によって搬送され、コードリーダー 4 3 を介してスキャナ 4 4 に送られる。

【 0 0 2 9 】

コードリーダー 4 3 は、写真フィルム 2 2 を照明する光源と、写真フィルム 2 2 の搬送路を挟んで光源の反対側に配されたフォトセンサ等から構成されており、現像によって顕在化した機種コードを搬送中の写真フィルム 2 2 から光学的に読

み取る。この機種コードの読み取りは、写真フィルム1本毎に行われ、読み取られた機種コードはコントローラ47を介して画像処理回路46に送られる。

【0030】

スキャナ44は、写真フィルム22を平面に支持するフィルムキャリア、ランプからの光を拡散してフィルムキャリアにセットされている露光画面22aを照明する照明装置、露光画面22a内のカラー画像を読み取るCCD、このCCDにカラー画像を結像させるレンズ等から構成されている。このスキャナ44は、写真フィルム22が1コマ分送られる毎に、CCDで露光画面22a内のカラー画像を赤色、青色、緑色で3色分解測光し、得られる光電信号をA/D変換器48に送る。

【0031】

A/D変換器48は、各色の光電信号をデジタル変換することにより、露光画面22aの各位置の濃度をそれに応じた3色の画像データに変換する。3色の画像データは、画像メモリ45に書き込まれる。

【0032】

画像処理回路46は、画像メモリ45に1画面分の画像データが書き込まれると、これを読み出して所定の画像処理を行う。機種コードが記録されている写真フィルム22に対しては、画像メモリ45から読み出した画像データに対して、撮影画像の歪みを補正する歪み補正処理を行って補正画像データを作成した後に、この補正画像データに対してプリント用の色補正やネガ・ポジ反転処理等の通常画像処理を行う。通常画像処理が施された補正画像データは、画像記録部42に送られる。

【0033】

なお、画像処理回路46は、歪み補正処理を行うのに先立って、1本の写真フィルム22の各露光画面22aに対して共通に用いる、1画面分の座標変換用のデータからなるLUT（ルックアップテーブル）をワークメモリ46aに作成する。このように、1本の写真フィルム22に対して共通なLUTを用いることで処理時間を短縮している。

【0034】

画像処理回路 4 6 には、ワークメモリ 4 6 a と E E P R O M 4 6 b とが接続されている。ワークメモリ 4 6 a は、画像処理回路 4 6 が画像処理を行う際に必要なデータを一時的に記憶する作業用として用いられる。

【 0 0 3 5 】

E E P R O M 4 6 b には、撮影画像の歪みを円周で近似する際に使用される係数 α 、 β 、 n 、 m と、撮影画像の像倍率の変化を補正する補正式に用いられる係数 γ 、 δ 、 ε 、 ζ とが機種コード毎に書き込まれている。画像処理回路 4 6 は、機種コードに対応した係数 α 、 β 、 n 、 m 、 γ 、 δ 、 ε 、 ζ を用いて画像の歪み、及び像倍率の変化を補正する歪み補正処理を行う。

【 0 0 3 6 】

なお、上記のように係数 α 、 β 、 n 、 m 、 γ 、 δ 、 ε 、 ζ を E E P R O M 4 6 b に記憶することで、レンズ付きフィルムユニットの新たな機種に対応した係数 α 、 β 、 n 、 m 、 γ 、 δ 、 ε 、 ζ を追加可能としている。

【 0 0 3 7 】

画像記録部 4 2 は、画像メモリ 5 1、赤色、青色、緑色の各レーザ光を出力するレーザユニット 5 2、レーザユニット 5 2 の出力を制御するドライバ 5 3、ポリゴンミラー 5 4、F θ レンズ 5 5、長尺の印画紙 5 6 を搬送する搬送機構（図示せず）等から構成されている。

【 0 0 3 8 】

画像入力部 4 1 からの補正画像データは、画像メモリ 5 1 に書き込まれる。画像メモリ 5 1 の補正画像データによってレーザユニット 5 2 の出力が制御され、高速回転するポリゴンミラー 5 4 にレーザ光が照射される。これにより、印画紙 5 6 の幅方向（搬送方向と直交する方向）にレーザ光の走査が行われ、印画紙 5 6 をその長手方向に搬送することで露光画面 2 2 a に露光された撮影画像の歪みを補正した画像が印画紙 5 6 に露光される。露光された印画紙 5 6 は、図示しない現像処理部で現像処理された後に 1 個の画像毎に切り分けられてプリント写真とされる。

【 0 0 3 9 】

次に歪み補正処理について説明する。画像処理回路 4 6 は、図 5 に示すように

、露光画面 22a の中心、すなわち、撮影レンズ 5 の撮影光軸 5a との交点の位置を原点とし、露光時に露光画面 22a が湾曲するように支持されていることを考慮して、湾曲させた方向を X 軸方向、X 軸方向と直交する方向を Y 軸方向とした直交座標を用いて、写真フィルム上の任意の位置の座標を表し、露光画面 22a 上の任意の位置の X 軸座標を x 、Y 軸座標を y として処理している。

【0040】

そして、画像処理回路 46 は、図 6 に示すように、この直交座標内において、撮影レンズ 5 で撮影した直線の歪みを円周で近似した近似円を設定し、この近似円のうち、座標 (x, y) を通過し、かつ X 軸上に曲率中心を持つ X 軸上近似円 C_1 と、座標 (x, y) を通過し、かつ Y 軸上に曲率中心を持つ Y 軸上近似円 C_2 とを求め、X 軸上近似円 C_1 と X 軸との交点 a と、Y 軸上近似円 C_2 と Y 軸との交点 b を導き出し、座標 (x, y) を座標 (a, b) に座標変換する画像処理を施している。

【0041】

画像処理回路 46 が行う歪み補正処理について、レンズ付きフィルムユニットに組み込まれているようなディストーションを有する撮影レンズ 5 で撮影した場合の像の歪みについて以下に詳述する。ここでは説明の都合上、図 7 に示すような正方形の升目を持つ平面である升目チャート 60 を撮影した場合を例に上げる。なお、図 7 では、升目チャート 60 を撮影したときに、露光画面 22a に露光される部分のうち、座標 (x, y) の位置が $x \geq 0$ 、 $y \geq 0$ となる第 1 象限部分のみ図示している。また、升目の縦軸のうち Y 軸に近いものから順に、 M_1 、 M_2 、 M_3 …とし、升目の横軸のうち、X 軸に近いものから順に、 N_1 、 N_2 、 N_3 …として説明する。上述したように、これらの縦軸及び横軸が正方形を形成することから、縦軸同士の間隔 A_1 、 A_2 、 A_3 …、及び横軸同士の間隔 B_1 、 B_2 、 B_3 …は全て等しく、 $A_1 = B_1 = A_2 = B_2 = A_3 = B_3$ …である。

【0042】

レンズ付きフィルムユニット 2 に組み込まれている撮影レンズ 5 のように歪曲収差を有するレンズでは、図 8 に示すように、升目チャート 60 の像が像面 61 において、歪曲した像 62 として結像される。これにより、図 8 に示した部分の

升目チャート60の像は、図9に示すような歪曲した縦軸 M_1 、 M_2 、 M_3 …、及び横軸 N_1 、 N_2 、 N_3 …が、写真フィルム22に結像される。さらに、写真フィルム22に結像された升目チャート60の像では、像倍率つまり、升目の縦軸 M_1 、 M_2 、 M_3 …、及び横軸 N_1 、 N_2 、 N_3 …同士の間隔についても変化し、写真フィルム22上での縦軸同士の間隔 A'_1 、 A'_2 、 A'_3 …（但し、X軸上での距離とする。）及び横軸同士の間隔 B'_1 、 B'_2 、 B'_3 …（但し、Y軸上での距離とする。）は、 $A'_1 = B'_1 \neq A'_2 = B'_2 \neq A'_3 = B'_3$ …である。

【0043】

さらに、レンズ付きフィルムユニット2で撮影した画像では、上述したように、写真フィルム22の露光画面22aを湾曲した形状で支持して撮影を行っているので、これによる歪みも発生している。ここでは都合上、ディストーションのない撮影レンズ5を使用して撮影したものとして説明し、図7に示す升目チャート60を撮影した場合を例に上げる。レンズ付きフィルムユニット2では、露光画面22aを湾曲させて撮影していることから、図3に示すように、光軸付近での撮影レンズ5から露光画面22aまでの距離 L_c に対して、画面周辺部での距離 L_e が変化しているため、撮影した画像には像倍率の変化が起こり、歪んだ像として露光画面22aに結像される。これにより、図7に示した部分の升目チャート60の像は、図10に示したような歪んだ横軸 N_1 、 N_2 …が写真フィルム22に結像され、座標値 x の値が大きくなるほど、横軸 N_1 、 N_2 …が中心方向へ歪曲している。なお、以上の説明では都合上、座標 (x, y) の位置が $x \geq 0$ 、 $y \geq 0$ となる第1象限部分のみを例に上げて説明しているが、升目チャート60の他の第2、3及び4象限部分についても、図7、図9、及び図10と同様の歪みを持つ画像が形成され、X軸及びY軸に対して対象となる形状であることは明白である。

【0044】

このように、レンズ付きフィルムユニット2では、通常、撮影レンズ5のディストーションによる歪みと、露光画面22aを湾曲させて撮影していることに起因する歪みの両方が発生するため、これらの歪みが合成された状態で写真フィル

ム22の露光画面22aに画像が形成される。画像処理回路46では、これらの歪みを補正して、例に上げた升目チャート60の升目の縦軸 $M_1, M_2, M_3 \dots$ 、及び横軸 $N_1, N_2, N_3 \dots$ が歪むことなく直線となるように補正し、また、縦軸同士の間隔 $A_1, A_2, A_3 \dots$ 、及び横軸同士の間隔 $B_1, B_2, B_3 \dots$ が全て等しく、 $A_1 = B_1 = A_2 = B_2 = A_3 = B_3 \dots$ となるように像倍率の変化も補正する。

【0045】

そこで、画像処理回路46では、上述したように直線の歪みを円周で近似する近似円を設定し、座標変換するための係数 α, β, n, m を読み出して画像処理を行う。これらの係数 α, β, n, m は、画像処理部46が機種コードを受け取ったときに、EEPROMから読み出されて、X軸上近似円 C_1 、及びY軸上近似円 C_2 の半径 R_x, R_y を示す式に用いられる。

【0046】

以下では、機種コードごとに設定される係数 α, β, n, m を求める方法を説明する。画像の歪みを表す式として、X軸上近似円 C_1 の半径 R_x と座標値 x 、及びY軸上近似円 C_2 の半径 R_y と座標値 y の関係を示す以下の式(1)を使用する。

$$R_x = \alpha / x^{2n}, R_y = \beta / y^{2m} \dots (1)$$

【0047】

上記式中の α, β は比例係数であり、 n, m は指数係数である。この式は、 x 又は y の値が大きくなる(画面周辺に向かう)ほど、半径 R_x 又は半径 R_y の値が小さくなり、逆に x 又は y の値が0(画面中心)に近づくと、半径 R_x 又は半径 R_y の値が無限大、つまり近似円が限りなく直線に近づくことを表すものである。 α, β 及び n, m の値は、設計値や、実技結果をもとに、露光画面内の測定点を (x, y) としたときの半径 R_x, R_y を実測した値を用いて、式(1)に最小二乗法などの回帰分析を適用することによって求められる。このようにして求められた係数 α, β, n, m がEEPROM46bの中に機種コード毎に書き込まれている。

【0048】

このようにして設定された係数 α 、 β 、 n 、 m のもとで、画像処理回路46では、座標 (x, y) を座標 (a, b) に座標変換するための計算を行う。X軸上近似円 C_1 、及びY軸上近似円 C_2 は以下の式(2)、(3)でそれぞれ表される。

$$(x - (a + R_x))^2 + y^2 = R_x^2 \dots (2)$$

$$x^2 + (y - (b + R_y))^2 = R_y^2 \dots (3)$$

【0049】

座標 (x, y) はX軸上近似円 C_1 、及びY軸上近似円 C_2 の交点で表されることから、式(1)、(2)、及び(3)より、以下の式(4)、(5)のように求められる。

$$x = (-E \pm (E^2 - FD)^{1/2}) / 2D \dots (4)$$

$$y = \pm (R_x^2 - (x - A)^2)^{1/2} \dots (5)$$

$$\text{但し、} F = C^2 - 4B^2 R_x^2 + 4A^2 B^2,$$

$$E = A(C - 2B^2), D = A^2 + B^2,$$

$$C = R_x^2 - R_y^2 - A^2 + B^2,$$

$$A = a + R_x, B = b + R_y,$$

$$R_x = \alpha / x^{2n}, R_y = \beta / y^{2m}$$

【0050】

上記の式(4)、(5)では、座標 (x, y) の組み合わせは複数得られるが、入力パラメータの符号により容易に選択することが可能である。なお、計算するに当たっては、式(1)からも明らかなように、X軸またはY軸上の座標 x 又は y の値が微小な場合には、半径 R_x 、 R_y の値が無限大に近づき、ソフトウェアの組み方によってはオーバーフローするため、座標変換を行わずに外部からの操作により直接数値を入力するなどの選択を行う判断処理を設けることが必要となる。

【0051】

また、画像処理回路46では、升目チャート60の軸同士の間隔が変化するような像倍率の変化については、以下に説明するような座標変換をすることにより補正処理を行う。ここでは、上述した式(4)、(5)を用いた計算により求め

られた座標 (a, b) について象倍率の変化を補正するような座標変換をした座標 (a', b') を求める。この座標変換をするための計算は、以下の式 (6)、(7) で表される。

$$a = \gamma a' + \delta a'^2 \dots (6)$$

$$b = \varepsilon b' + \zeta b'^2 \dots (7)$$

【0052】

上記式中の γ 、 δ 、 ε 、 ζ は比例係数である。この式 (6)、(7) についても、上述した式 (1) と同様に、設計値や、実技結果をもとに、露光画面内の測定点における像倍率の変化した値を実測して、式 (6)、(7) に最小二乗法などの回帰分析を適用することによって係数 γ 、 δ 、 ε 、 ζ が求められる。このようにして求められた係数 γ 、 δ 、 ε 、 ζ を機種コード毎に設定し、上述した係数 α 、 β 、 n 、 m と同様に EEPROM 46a に書き込み、画像処理回路 46 が機種コードを受け取ったときにこの係数 γ 、 δ 、 ε 、 ζ が読み出され、像倍率の変化を補正する計算が行われる。

【0053】

また、上述したように露光画面 22a に結像された画像の歪み及び像倍率の変化は、X 軸及び Y 軸に対して対称に発生することから、画像処理回路 46 での座標変換をするための計算を行うときには、座標 (x, y) の位置が $x \geq 0$ 、 $y \geq 0$ となる第 1 象限部分のみ、各座標についての計算を行い、他の第 2、3、4 象限部分については、第 1 象限部分の計算で求められた値を利用して求めてもよい。

【0054】

説明の都合上、第 1 象限の座標 (x, y) を (x_1, y_1) と表し、これを歪み補正処理のために座標変換したものを (a_1, b_1) と表す。また、同様に、第 2、3、4 象限の座標についてもそれぞれ (x_2, y_2) 、 (x_3, y_3) 、 (x_4, y_4) と表し、これを歪み補正処理のために座標変換したものを (a_2, b_2) 、 (a_3, b_3) 、 (a_4, b_4) と表す。ただし、座標 (x_2, y_2) 、 (x_3, y_3) 、 (x_4, y_4) の値は第 1 象限の座標 (x_1, y_1) の値に対応しており、それぞれの絶対値が等しく $|x_1| = |x_2| = |x_3| = |$

x_4 |、また $|y_1| = |y_2| = |y_3| = |y_4|$ とする。これにより、以下の式 (8)、(9)、(10) のように表され、

$$(x_2, y_2) = (-x_1, y_1) \cdots (8)$$

$$(x_3, y_3) = (x_1, -y_1) \cdots (9)$$

$$(x_4, y_4) = (-x_1, -y_1) \cdots (10)$$

これに対応する座標変換後の (a_2, b_2) 、 (a_3, b_3) 、 (a_4, b_4) についても、

$$(a_2, b_2) = (-a_1, b_1) \cdots (11)$$

$$(a_3, b_3) = (a_1, -b_1) \cdots (12)$$

$$(a_4, b_4) = (-a_1, -b_1) \cdots (13)$$

となる。これらの式 (11)、(12)、(13) を用いることにより座標変換の計算量が減少し、画像補正処理を高速に行うことができる。

【0055】

上記構成の作用について以下に説明する。フィルムパトローネ 20 の写真フィルム 22 には、装填されるレンズ付きフィルムユニット 2 に対応する機種コードがサイドプリントされる。この写真フィルム 22 は、パトローネ 21 とともにユニット本体 3 に装填される。そして、完成したユニット本体 3 にラベル 4 が貼付されてレンズ付きフィルムユニット 2 が完成し、これが出荷されてユーザーのもとで撮影に供される。

【0056】

撮影を行う際には、まず巻き上げノブ 13 を回転操作する。これにより、写真フィルム 22 が 1 コマ分巻き上げられるとともに、シャッターチャージが行われる。この後、撮影者は、ファインダ 6 でフレーミングを行ってからシャッターボタン 9 を押圧する。また、ストロボ撮影を行う場合には、ストロボ操作部材 8 を上方にスライド移動し、充電完了後にシャッターボタン 9 を押圧する。シャッターボタン 9 を押圧すると、シャッター羽根が揺動されてシャッター開口が開閉される。

【0057】

このシャッター開口の開閉の間に、撮影レンズ 5 を透過した撮影光は、暗箱 24 内に入射し、アパーチャ内に露呈されている写真フィルム 22、すなわち露光画

面 2 2 a のフィルム面に露光を与える。このときに、フィルム面はその長手方向が湾曲されて支持されている。

【 0 0 5 8 】

上記同様にして順次に撮影を行い、全コマの撮影終了後、ユーザーは巻上げノブ 1 3 を連続的に回転操作して、全ての写真フィルム 2 2 をパトローネ 2 1 に収納する。そして、このレンズ付きフィルムユニット 2 を現像所や D P E 店に提出する。

【 0 0 5 9 】

現像所等では、ユニット本体 3 から撮影済のフィルムパトローネ 2 0 を取り出す。取り出されたフィルムパトローネ 2 0 は、そのパトローネ 2 1 から写真フィルム 2 2 が引き出されて分離される。そして、この写真フィルム 2 2 は、所定の現像装置にかけられて現像処理された後、デジタルプリンタ 4 0 にセットされる。

【 0 0 6 0 】

デジタルプリンタ 4 0 は、写真フィルム 2 2 がセットされると、これの先端をスキャナ 4 4 に向けて搬送する。そして、スキャナ 4 4 に向けての搬送中に、コントローラ 4 7 は写真フィルム 2 2 に記録されている機種コードをコードリーダー 4 3 を用いて読み取り、読み取った機種コードを画像処理回路 4 6 に送る。

【 0 0 6 1 】

画像処理回路 4 6 は、機種コードを受け取ると、これに対応した係数 α 、 β 、 n 、 m 、 γ 、 δ 、 ε 、 ζ を E E P R O M 4 6 b から読み出す。そして、係数 α 、 β 、 n 、 m を式 (4)、(5) に用いて、撮影画像の歪みを補正する座標変換後の座標 (a 、 b) を求める。さらに画像処理回路 4 6 は、座標 (a 、 b) の値から、係数 γ 、 δ 、 ε 、 ζ を式 (6)、(7) に用いて像倍率の変化を補正する座標変換後の座標 (a' 、 b') を求める。そして、この座標 (a' 、 b') を露光画面 2 2 a の 1 画面分について求める演算を行い、撮影画像の歪み、及び像倍率の変化を補正する座標変換用の L U T (ルックアップテーブル) が作成される。

【 0 0 6 2 】

画像処理回路46が、座標変換用のLUTを作成するための演算処理を行う際には、図11に示すフローチャートのように、まず上記の式(4)、(5)を用いて値 x 、及び値 y を所定のステップずつ、本実施形態においては1画素単位毎に変化させて演算を行うことにより、露光画面22aの各位置に対応する座標変換後の座標 (a, b) をそれぞれ求める。また、このとき説明の都合上から $x \geq 0$ 、 $y \geq 0$ となる第1象限の各位置についての演算から行うことにする。露光画面22aの各位置での座標 (a, b) を求める演算では、まず原点 $(0, 0)$ から座標 y を1ステップずつ変化させて、座標 (a, b) を求め、さらにこの座標 (a, b) の値から、式(6)、(7)を用いて座標変換後の座標 (a', b') を求めて、この座標 (a', b') をワークメモリ46aに書き込む。このとき、座標 x 又は y の値が0のときは、座標 a 、又は b の位置が変化しないので、式(6)、(7)を用いた座標変換の計算を行わない。

【0063】

そして、次の1ステップ分変化させた座標 y を持つ座標 (x, y) について、同様に座標 (a, b) 、及び座標 (a', b') を求めて、ワークメモリ46aに書き込む。このようにして、座標 y を1ステップずつ変化させてその値が $y = y_{max}$ すなわち、露光画面22aの上端にまで達したときには、座標 x を1ステップずらした次の1列について、同様に座標 (a, b) 、及び座標 (a', b') を求めて、ワークメモリ46aに書き込む。そして、この列についても $y = y_{max}$ まで演算が行われ、さらに次の列へと繰り返されて、 $x = x_{max}$ すなわち、露光画面22aの一方の側端にまで達するまで座標 (a, b) 及び (a', b') を求める演算、及びワークメモリ46aへの書き込みが行われる。このようにして、第1象限の各位置での座標 (a', b') を求める演算が終了すると、次に第2、3、4象限についての演算を行うことになるが、上述したように、第1象限の各位置での座標を求めれば、それを利用して、他の第2、3、4象限の各位置での座標を求めることができ、LUTを作成するための計算量が減少する。これにより、式(11)、(12)、(13)を用いて第2、3、4象限の各位置についての座標 (a', b') が求められ、1画面分のLUTが完成する。

【 0 0 6 4 】

なお、上述したように、座標 x 又は y の値が微小な場合には、半径 R_x , R_y の値が無限大に近づき、ソフトウェアの組み方によってはオーバーフローするため、これを防ぎ、座標 (a, b) を求める過程を、図 1 2 に示すフローチャートを用いて説明する。座標 (x, y) から変換後の座標 (a, b) を求める際には、先ず座標 x の値が微小かどうかを判別する。このとき、座標 x の値が微小なときには、式 (4) を用いた計算を行わず、 $a = x$ と置き換える。そして、座標 x の値が微小ではない場合には、式 (4) を用いた計算を行い、座標 a を求める。

【 0 0 6 5 】

座標 a の値を求めた後、同様に座標 y が微小であるかどうかを判別し、座標 y の値が微小なときには、 $b = y$ と置き換える。そして、座標 y の値が微小ではない場合には、式 (5) を用いた計算を行い、座標 b を求める。このとき、座標 x 、又は y が微小な値であるときは、撮影画像の歪みが小さいため、式 (4)、(5) を用いた計算を行わずに、 $a = x$ 、又は $b = y$ と置き換えても、十分な画質を得ることができる。これにより、画像処理回路 4 6 がオーバーフローすることなく座標 (a, b) を求めることができる。

【 0 0 6 6 】

次に、搬送によって写真フィルム 2 2 の最初の露光画面 2 2 a がスキャナ 4 4 のフィルムキャリアに達すると、搬送が停止される。そして、この停止中に露光画面 2 2 a 内の原画像がスキャナ 4 4 で読み取られ、A/D変換器 4 8 によって 1 画素単位毎の原画像データに変換され、画像メモリ 4 5 に書き込まれる。1 画面分の原画像データが画像メモリ 4 5 に書き込まれると、画像処理回路 4 6 は、アドレスを指定して画像メモリ 4 5 から原画像データを順次に取り出す。

【 0 0 6 7 】

画像処理回路 4 6 は、1 画面分の原画像データを読み出すと、この原画像データを先に特定した LUT を用いて再配列する。すなわち、露光画面 2 2 a において座標 (x, y) の位置にあった輝度、濃度、カラー画像の色相、明度、彩度などの画像情報が、座標 (a', b') の位置に座標変換され、再配列されることによって補正画像データが作成される。このようにして、1 画面分の原画像デー

タに対して撮影画像の歪み、及び像倍率の変化を補正する歪み補正処理が完了すると、新たな1画面分の原画像データが画像メモリ45から読み出されて、上記と同じ手順で歪み補正処理を行い、得られる補正画像データをワークメモリ46aに書き込む。

【0068】

1画面分の原画像データに対して歪み補正処理が完了すると、画像処理回路46は、ワークメモリ46aの各補正画像データに対して、プリント用の色補正、ネガポジ反転処理等の通常画像処理を行い、通常画像処理を施した各補正画像データを画像記録部42の画像メモリ51に書き込む。

【0069】

画像記録部42は、1画面分の補正画像データが画像メモリ51に書き込まれると、これらの補正画像データに基づいてレーザユニット52を駆動して、印画紙56に画像を潜像として記録する。

【0070】

1画面分の画像の記録が開始されると、次の露光画面22aがスキヤナにセットされ、上記と同じ手順によって周辺光量補正処理が行われる。なお、このときにも最初に作成されたLUTが用いられる。1画面分の原画像データに対して歪み補正処理が完了後、通常画像処理を行ってから各補正画像データが画像記録部42の画像メモリ51に書き込まれる。そして、先に記録を開始した原画像の記録の完了後に、この補正画像データに基づいて印画紙56に画像が記録される。以降、同様にして1本の写真フィルム22の各露光画面22aから読み取った原画像データに対して歪み補正処理、通常画像処理を行い、印画紙56に画像を記録する。

【0071】

露光された印画紙56は、現像処理工程に送られ、現像、定着、乾燥等が行われてから、各画像毎に切り分けられてデジタルプリンタ40からプリント写真として排紙される。こうして得られるプリント写真には、撮影画像の歪みが補正された画像が写っている。しかも、露光時にフィルム面を湾曲させて支持していることを考慮した歪みの補正を行っているので、良好な画質となっている。

【0072】

なお、上記実施形態では、歪み補正処理の演算の過程において、撮影画像の歪みを円周で近似し、歪みを補正するための座標変換をする計算を行った後、撮影画像の像倍率の変化を補正するための座標変換をする計算を行っているが、本発明は、これに限るものではなく、撮影画像の像倍率の変化を補正するための座標変換をする計算を行った後に、撮影画像の歪みを円周で近似し、歪みを補正するための座標変換をする計算を行ってもよい。

【0073】

さらに、上記実施形態では、135タイプの写真フィルムに対して補正を行う例を示したが、Advanced Photo SystemのIX240型式等の各種タイプの写真フィルムを用いることができる。IX240型式の写真フィルムでは、写真フィルムに透明な磁気記録層が設けられているから、これに補正コード等を記録してもよく、またこれに対応したカメラでは磁気記録層にデータを記録できるので、カメラ側で補正コード等を記録して、周辺光量補正処理の際に利用するようにしてもよい。

【0074】

上記では、プリント写真を作成するデジタルプリンタに本発明を適用した例について説明したが、これ以外の機器にも利用でき、また撮影画像の歪みを補正する独立した補正装置に適用することもできる。

【0075】

【実施例】

次に第1及び第2実施例について説明する。なお、第1及び第2実施例では、上記説明と共通な符号を付して説明する。また、第1及び第2実施例における撮影レンズ5は2枚構成であり、物体に近い第1レンズと、写真フィルム22の露光画面22aに近い第2レンズとからなる。また、第1レンズの露光画面22a側の面（第2面）と、第2レンズの物体側の面（第3面）とは、次の条件式を満たすように形成された非球面である。式中のcは曲率半径の逆数であり、hは光軸からの光線の高さを表し、各非球面係数は後述の表に示す。

$$\text{条件式： } Z = c h^2 \cdot [1 + \sqrt{\{1 - (1 + k) c^2 h^2\}}]$$

$$+A h^4 + B h^6 + C h^8 + D h^{10}$$

【0076】

第1及び第2実施例で使用するレンズ付きフィルムユニット2の仕様を以下に示す。

$$f = 33.14 \text{ mm}$$

$$F N o = 8.0$$

$$f 1 = 104.37 \text{ mm}$$

$$\theta = 34^\circ$$

なお、上記データ中、 f は撮影レンズ5全体での合成焦点距離、 $f 1$ は第1レンズの焦点距離、 $F N o$ は開放F値、 θ は撮影半画角を示す。また、露光画面22aは、物体面側に凹となるように、その長手方向がR100の曲率半径で湾曲するように支持されている。また、このレンズ付きフィルムユニット2のレンズデータが表1に示されている。表1においては、第1レンズの物体側の面から第2レンズの露光画面22a側の面まで順に面1、2、3、4としている。また、表1の中で(*)で示されるレンズ面の非球面係数が表2に示されている。

【0077】

【表1】

面	曲率半径	間隔	屈折率	分散
1	4.286	1.70	1.492	57.5
2	4.100(*)	0.82		
3	平面	0.79	1.492	57.5
4	-20.511(*)	0.15		
絞り	∞	0.41		

【 0 0 7 8 】

【表 2】

		面 2	面 4
非 球 面 係 数	K	-0.66147	0.000000
	A	0.208782E-02	-0.574671E-03
	B	0.174335E-03	-0.150350E-04
	C	0.000000E+00	0.000000E+00
	D	0.000000E+00	0.000000E+00

【 0 0 7 9 】

【第 1 実施例】

この第 1 実施例では、上述した歪み補正処理のうち、撮影画像の歪みを円周で近似する補正処理のみを実施し、撮影画像の像倍率の変化を補正する補正処理については省略した。

【 0 0 8 0 】

上述の仕様及びレンズデータを持つレンズ付きフィルムユニット 2 で撮影した場合の、撮影画像の直線の曲がり具合の実測値を、表 3 に示す露光画面 2 2 a の座標値で説明する。

【 0 0 8 1 】

【表 3】

$\begin{array}{c} X \\ Y \end{array}$	0°	7.844°	15.463°	22.686°	29.424°
0°	(0, 0)	(4.50, 0.00)	(9.00, 0.00)	(13.50, 0.00)	(18.00, 0.00)
5.237°	(0, 3)	(4.50, 3.00)	(9.01, 2.98)	(13.51, 2.95)	(18.01, 2.91)
10.362°	(0, 6)	(4.52, 5.99)	(9.03, 5.96)	(13.54, 5.90)	(18.04, 5.82)
15.282°	(0, 9)	(4.53, 8.98)	(9.06, 8.94)	(13.54, 8.85)	(18.08, 8.71)
19.923°	(0, 12)	(4.56, 11.98)	(9.10, 11.91)	(13.63, 11.78)	(18.14, 11.59)

【0082】

なお、表3においては、撮影レンズ5への光線の入射角と、その光線が結像する座標(x、y)が基準となっており、入射角が 0° のものは光軸と平行に入射する光線で、以下入射角が光軸からX軸方向側へ 7.844° 、 15.463° 、 22.686° 、及び 29.424° それぞれ傾斜して入射する光線が、上述した M_1 、 M_2 、 M_3 …に相当する縦軸を通過して、露光画面22aへ結像する。また同様に、入射角が光軸からY軸方向側へ 5.237° 、 10.362° 、 15.282° 、及び 19.923° それぞれ傾斜して入射する光線が、上述した N_1 、 N_2 、 N_3 …に相当する横軸を通過して、露光画面22aへ結像する。これら同じ縦軸、及び横軸を通過するものは、座標x、又はyの値がそれぞれ等しくならなければならないが、表中に示すように、それらは0.1～0.41(mm)の位置のずれを持ち、歪んでいる。

【0083】

表3に示す座標のうちの2点(18, 0)、(18.14, 11.59)より

縦軸の歪み具合、すなわち半径 R_x を求めるには、図 6 に示すような線分 c 、 d と半径 R_x との比率から容易に導かれ、このときの半径 R_x を都合上 R_{x1} と置き換えると $R_{x1} = 479.815$ (mm) となる。同様に座標 (9, 0), (9.10, 11.91) より求めた縦軸の歪みを R_{x2} 、座標 (0, 12.00), (18.14, 11.59) より求めた横軸の歪みを R_{y1} 、座標 (0, 6), (18.04, 5.82) より求めた横軸の歪みを R_{y2} とすると、これらは以下のように求められる。

$$R_{x1} = 479.815$$

$$R_{x2} = 709.288$$

$$R_{y1} = -401.497$$

$$R_{y2} = -904.095$$

なお、これらの符号は直線の歪みを近似する近似円の中心が、X 軸及び Y 軸上の正負の方向のうちどちらにあるかを示している。

【0084】

このようにして実測値から求められた半径 R_x 、 R_y を上述の式 (1) に代入し、最小二乗法により、係数 α 、 β 、 n 、 m を求めた結果を表 4 に示す。

【0085】

【表 4】

	R _x 1	R _x 2		R _y 1	R _y 2
R _x	479.815	709.288	R _y	-401.497	-904.095
a	18	9	b	12	6
α	2448.494		β	-7150.939	
m	0.2819		n	0.5771	

【0086】

表 4 の結果から、撮影画像の直線の歪みを式 (4)、(5) に用いて補正した結果を表 5 に示す。

【0087】

【表 5】

$\begin{matrix} X \\ Y \end{matrix}$	0°	7.844°	15.463°	22.686°	29.424°	
0°	(0, 0)	(4.50, 0.00)	(9.00, 0.00)	(13.50, 0.00)	(18.00, 0.00)	横軸の 曲がり
5.237°	(0, 3)	(4.50, 3.00) [4.50, 3.01]	(9.01, 2.98) [9.00, 3.00]	(13.51, 2.95) [13.50, 3.00]	(18.01, 2.91) [18.01, 2.99]	(0.09) [0.01]
10.362°	(0, 6)	(4.52, 5.99) [4.50, 6.00]	(9.03, 5.96) [9.00, 6.01]	(13.54, 5.90) [13.51, 6.00]	(18.04, 5.82) [18.00, 6.00]	(0.18) [0.01]
15.282°	(0, 9)	(4.53, 8.98) [4.49, 9.00]	(9.06, 8.94) [9.00, 9.01]	(13.54, 8.85) [13.51, 9.01]	(18.08, 8.71) [18.00, 9.00]	(0.29) [0.01]
19.923°	(0, 12)	(4.56, 11.98) [4.49, 12.01]	(9.10, 11.91) [9.00, 12.01]	(13.63, 11.78) [13.51, 12.01]	(18.14, 11.59) [18.00, 12.00]	(0.41) [0.01]
縦軸の 曲がり		(0.06) [0.01]	(0.1) [0.00]	(0.13) [0.01]	(0.14) [0.01]	

【0088】

なお、表5は上段が露光画面22a上の座標であり、下段が座標変換後の座標である。また、座標x又はyの値が0のときは、本実施例では座標変換を行わないため、座標変換後の座標の欄は省略している。表5に示すように縦軸、及び横軸の歪みは、補正前が0.06～0.41 (mm) だったのに対して、補正後は0.01 (mm) となり、良好な画質が得られる。

【0089】

なお、本実施例では、係数m、及びnの値がそれぞれ、0.2819、及び0.5771と小数点以下4桁の小数となっているため、式(4)、(5)に用いたとき、演算に時間が係ってしまう場合が考えられるが、式(1)の a^{2m} 、 b^{2n} について $a^{2m} = a^{2 \times 0.2819}$ を計算しやすいように $a^{0.45}$ と置き換えたり、 $A = a^{2m}$ 、 $B = b^{2n}$ として予め算出されたA、Bを係数として設定しておくことで、歪

み補正処理の精度は多少落ちることになるが、演算処理の時間を短縮することができる。

【0090】

[第2実施例]

この第2実施例では、撮影画像の歪みを円周で近似する補正処理、及び撮影画像の像倍率の変化を補正する補正処理の両方を施す歪み補正処理を行った。撮影に使用するレンズ付きフィルムユニット2としては、上記第1実施例と同じものを使用し、撮影画像22aの座標値も同じく表3で示すものである。なお、直線の歪みを円周で近似する補正については、第1実施例と同じ係数 α 、 β 、 n 、 m を用いて同様の処理を行った。そして、像倍率の変化を補正する補正処理を施した結果を以下に説明する。

【0091】

表3で示す座標値は撮影レンズ5への光線の入射角が基準となっているため、理想的な像倍率で撮影された場合の縦軸及び横軸の位置を、理想像高 H と近軸焦点距離 f 、及び入射角 Θ の関係を表す式より算出することができる。一般的に理想像高 H を表す式は、 $H = f \times \tan \Theta$ と表されるが、本実施例の撮影レンズ5では、ディストーションを有することから、近軸焦点位置から収差による像点のずれ ΔZ が発生するから、以下の式(14)で表される。

$$H = (f - \Delta Z) \times \tan \Theta \cdots (14)$$

【0092】

上記式(14)を用いて算出した理想像高 H と、表3に示す実際の結像像高の位置のずれを表6に示す。

【0093】

【表 6】

X	入射角	7.844	15.463	22.686	29.424
	理想像高	4.51	9.06	13.69	18.47
	結像像高	4.5	9	13.5	18
Y	入射角	5.237	10.362	15.282	19.923
	理想像高	3.00	5.99	8.95	11.87
	結像像高	3	6	9	12

【0094】

なお、表 6 の上半部分は X 軸上の点について示すものであり、下半分は Y 軸上の点について示すものである。この表 6 から明らかなように、X 軸上の結像点は本来結像すべき位置に対して倍率が低くなり、Y 軸上の結像点は、本来結像すべき位置に対して倍率が高くなっている。

【0095】

表 6 に示す結果を式 (6)、(7) に代入し、最小二乗法により、係数 γ 、 δ 、 ε 、 ζ を以下のように求めた。

$$\gamma = 1.011328572$$

$$\delta = -0.001960436$$

$$\varepsilon = 0.993171494$$

$$\zeta = 0.00148227$$

【0096】

上述のようにして求めた係数 γ 、 δ 、 ε 、 ζ を式 (6)、(7) に用いて撮影画像の像倍率の変化を補正した結果を表 7 に示す。

【0097】

【表 7】

X	入射角	7.844	15.463	22.686	29.424
	理想像高	4.51	9.06	13.69	18.47
	結像像高	4.5	9	13.5	18
	計算像高 (精度)	4.52 (0.02)	9.00 (0.00)	13.48 (-0.02)	18.01 (0.01)
Y	入射角	5.237	10.362	15.282	19.923
	理想像高	3.00	5.99	8.95	11.87
	結像像高	3	6	9	12
	計算像高 (精度)	2.99 (-0.01)	6.00 (0.00)	9.01 (0.01)	12.00 (0.00)

【0098】

この表 7 に示すように補正後の値は、誤差が 0.02 (mm) 以内であり、像倍率の変化が高精度で補正され、良好な画質が得られる。

【0099】

【発明の効果】

以上に述べたように、本発明によれば、撮影レンズの光軸が原画像の結像面と交差する位置を原点として前記結像面上で互いに直交する X 軸と Y 軸により直交座標を設定し、直線を撮影したときの原画像の歪みを、X 軸上及び Y 軸上にそれぞれ中心を持ち原点から前記中心までの距離に応じて半径が異なる X 軸上近似円と Y 軸上近似円の円弧で近似するとともに、座標 (x, y) の原画像データを、座標 (x, y) を通過する Y 軸上近似円と X 軸との交点の x 座標 a と、座標 (x

、 y ）を通過する X 軸上近似円と Y 軸との交点の y 座標 b による座標 (a, b) に座標変換して再配列しているので、画質を劣化させる要因の1つである撮影レンズに起因するディストーション、及び写真フィルムを湾曲させて撮影したことにより発生する歪みを、簡単な演算処理を行うことにより補正することが可能となり、歪みのない高画質な画像を得ることができる。

【0100】

また、請求項3記載の撮影画像の補正方法では、前記原画像の歪みを補正するとともに、撮影時における結像面の湾曲による原画像の像倍率の変化を補正するので、さらなる画質の向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明を実施したデジタルプリンタの構成を示すブロック図である。

【図2】

フィルム面を湾曲して支持するレンズ付きフィルムユニットの外観を示す斜視図である。

【図3】

レンズ付きフィルムユニットの構成を示す分解斜視図である。

【図4】

撮影レンズとフィルム面の湾曲とを模式的に示す説明図である。

【図5】

補正の際に用いる露光画面の座標を示す説明図である。

【図6】

撮影画像の歪みを近似する近似円と、座標変換前の座標 (x, y) と、座標変換後の座標 (a, b) との位置関係を示す説明図である。

【図7】

ディストーションを有する撮影レンズにより、正方形の升目チャートの像が歪曲した像として像面上に結像している様子を示す説明図である。

【図8】

升目チャートの一部を表す正面図である。

【図 9】

図 8 で示す升目チャートを、ディストーションを有する撮影レンズで撮影した場合の撮影画像を示す正面図である。

【図 1 0】

図 8 で示す升目チャートを、湾曲させて支持した写真フィルムに撮影した場合の撮影画像を示す正面図である。

【図 1 1】

撮影画像の歪み補正処理の流れを示すフローチャートである。

【図 1 2】

撮影画像の歪みを円周で近似する演算を行う処理の流れを示すフローチャートである。

【符号の説明】

2 2 写真フィルム

2 2 a 露光画面

4 0 デジタルプリンタ

4 3 コードリーダー

4 4 スキャナ

4 6 画像処理回路

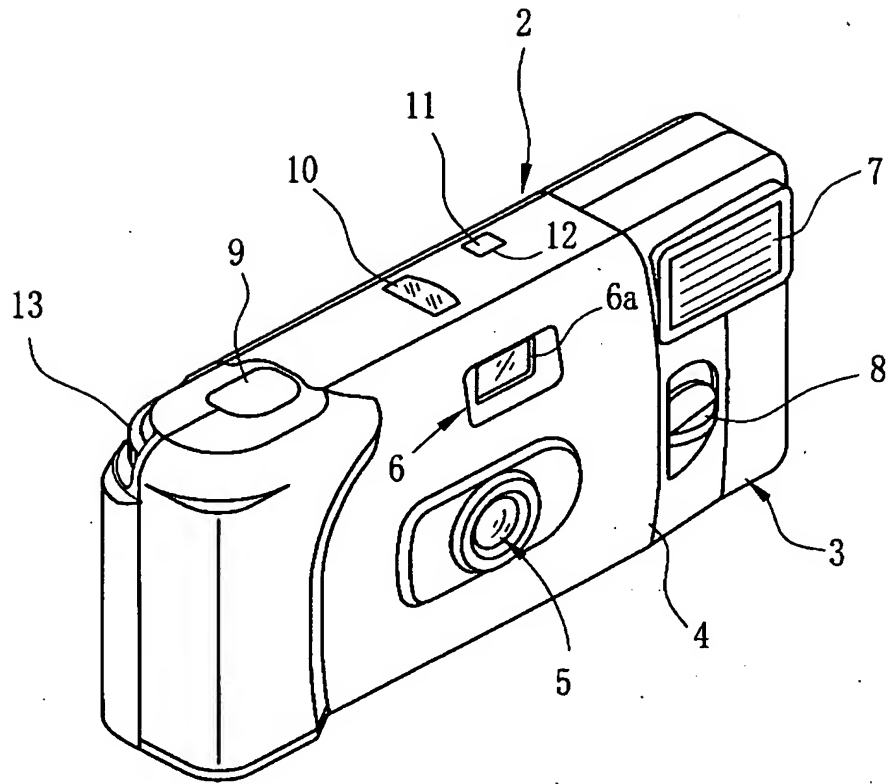
4 6 b E E P R O M

C₁ X軸上近似円

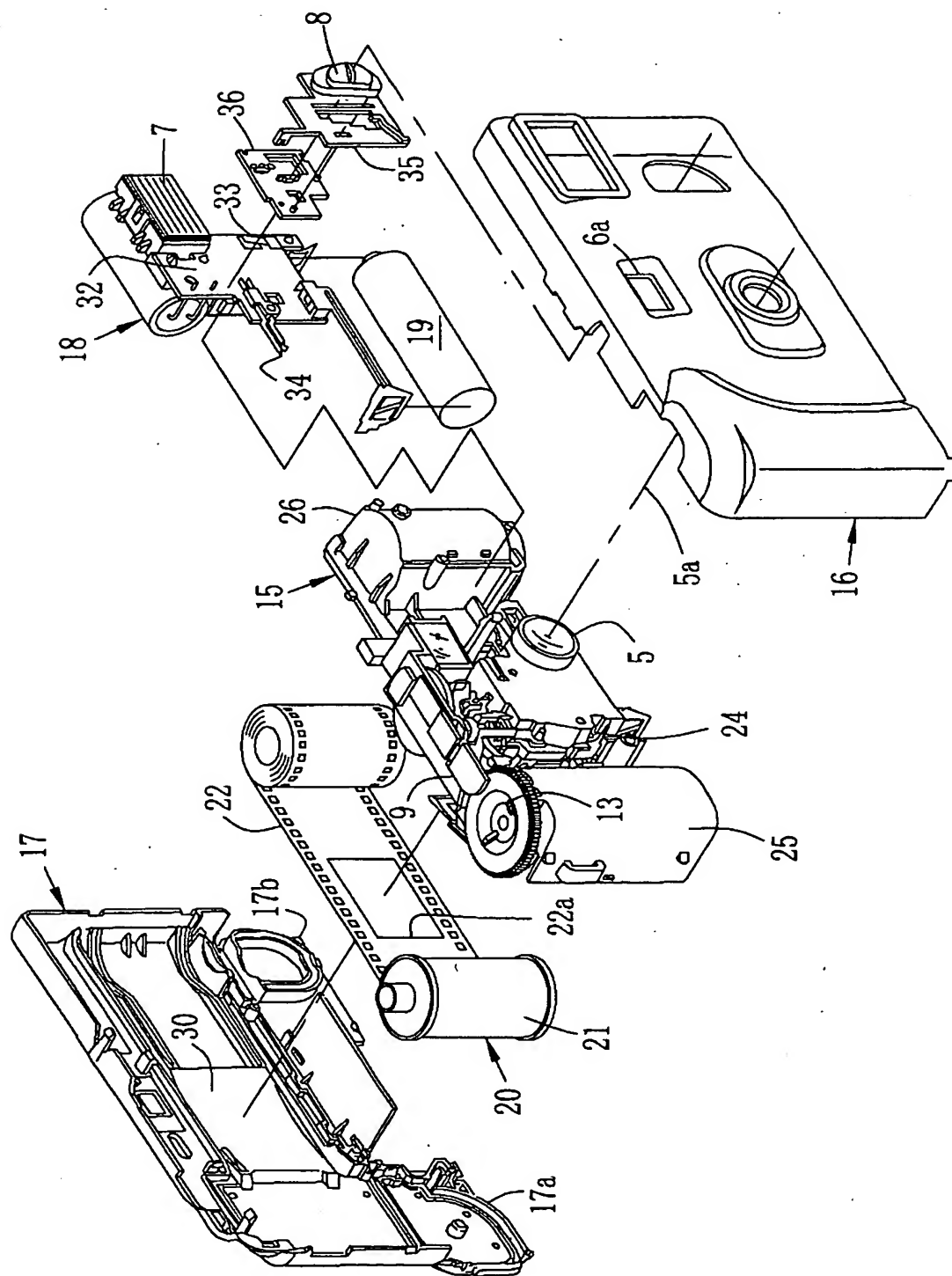
C₂ Y軸上近似円

【書類名】 図面

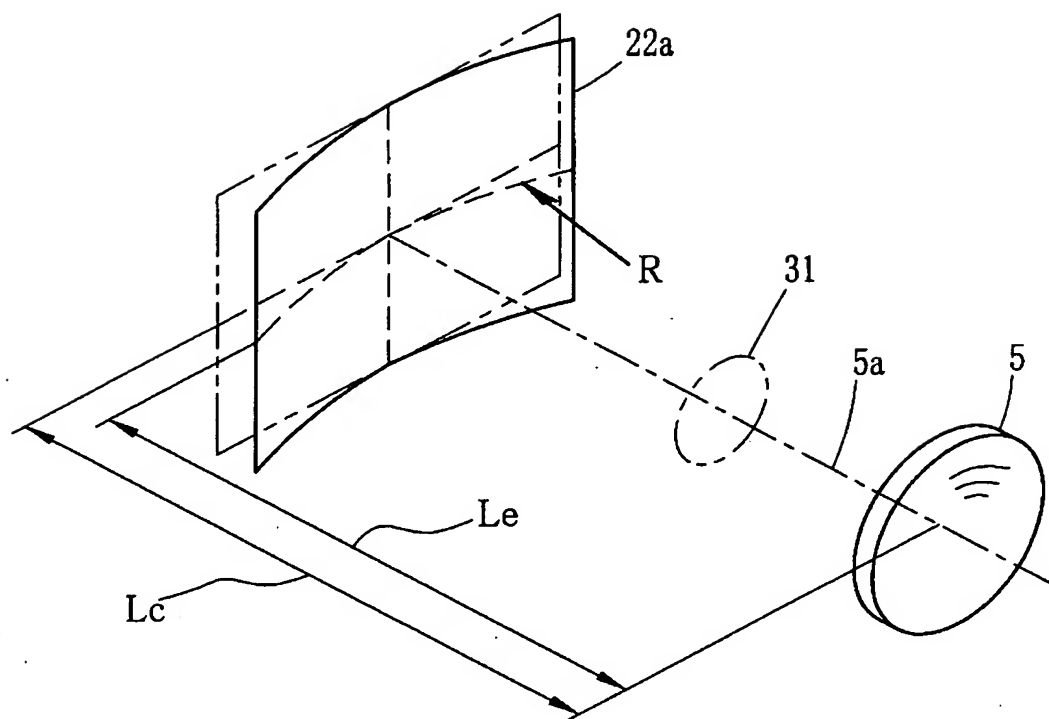
【図1】



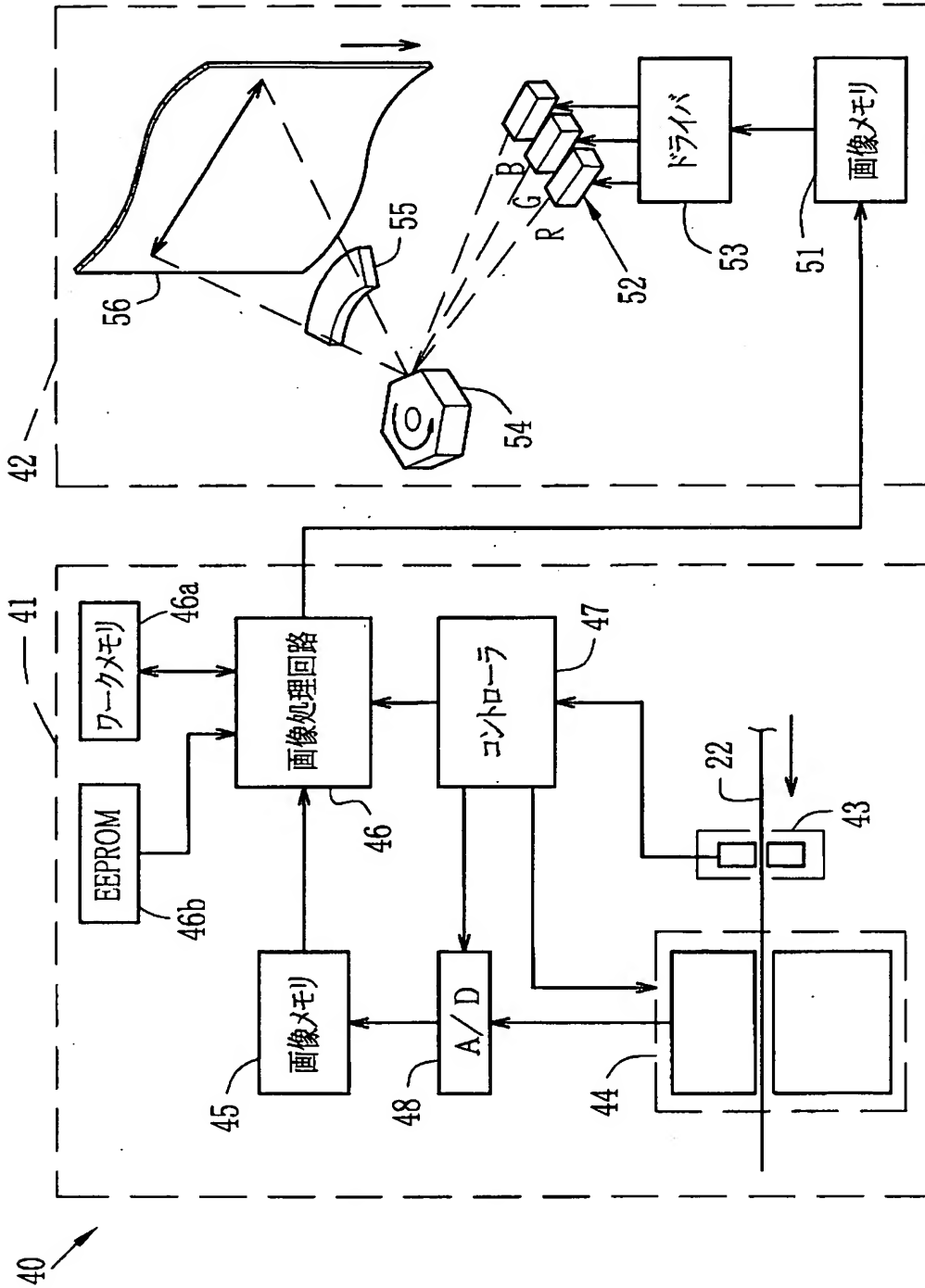
【図2】



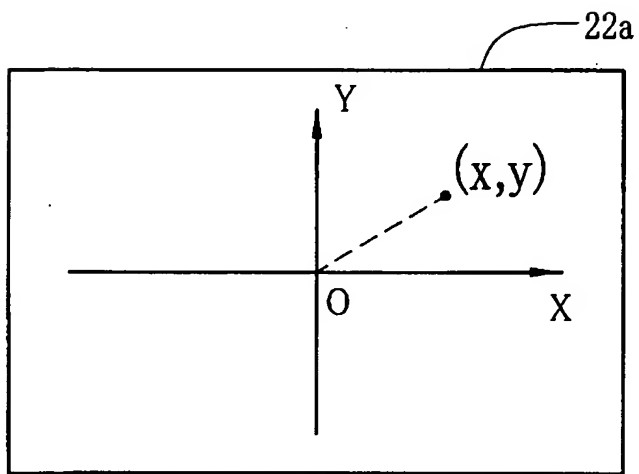
【図 3】



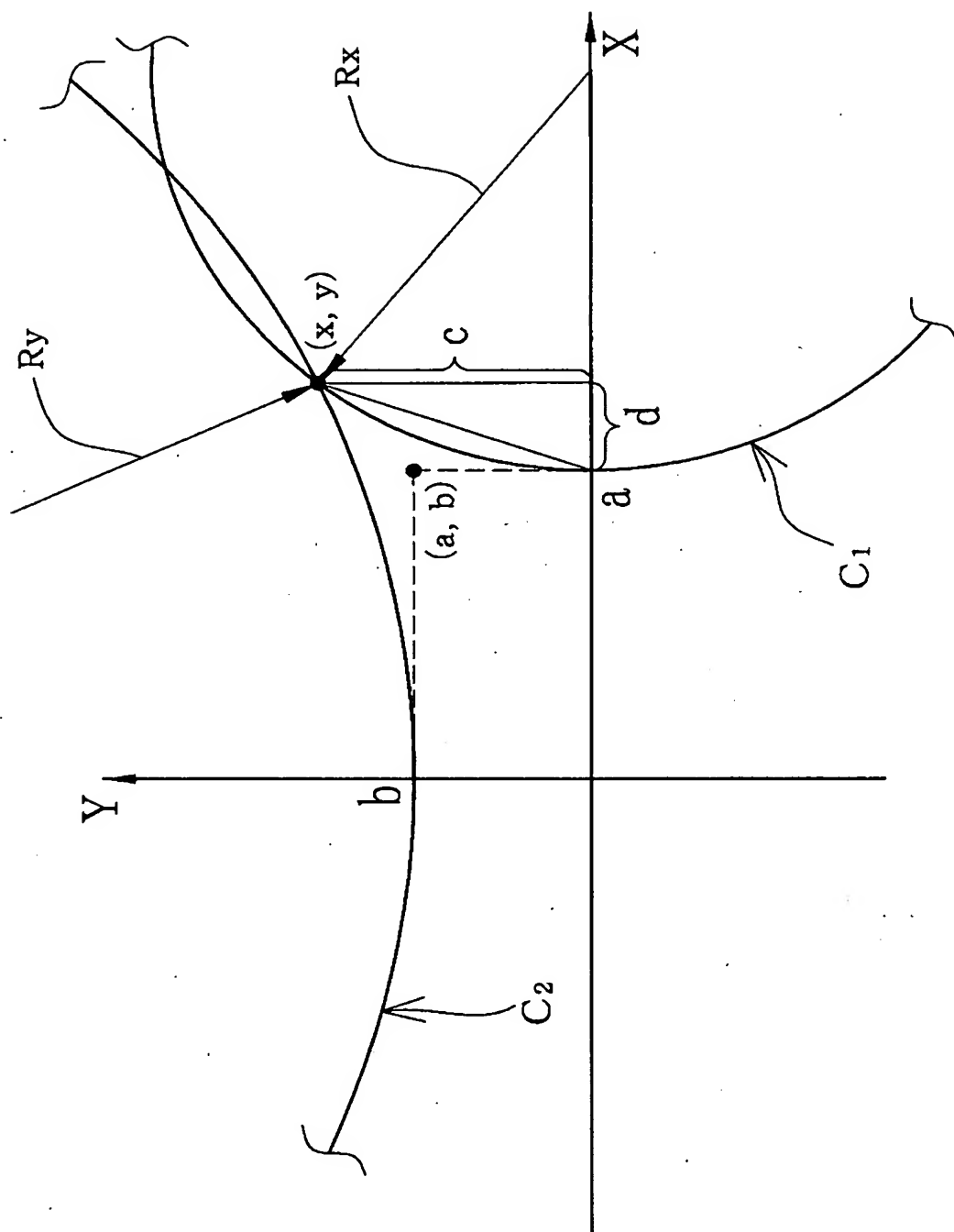
【図 4】



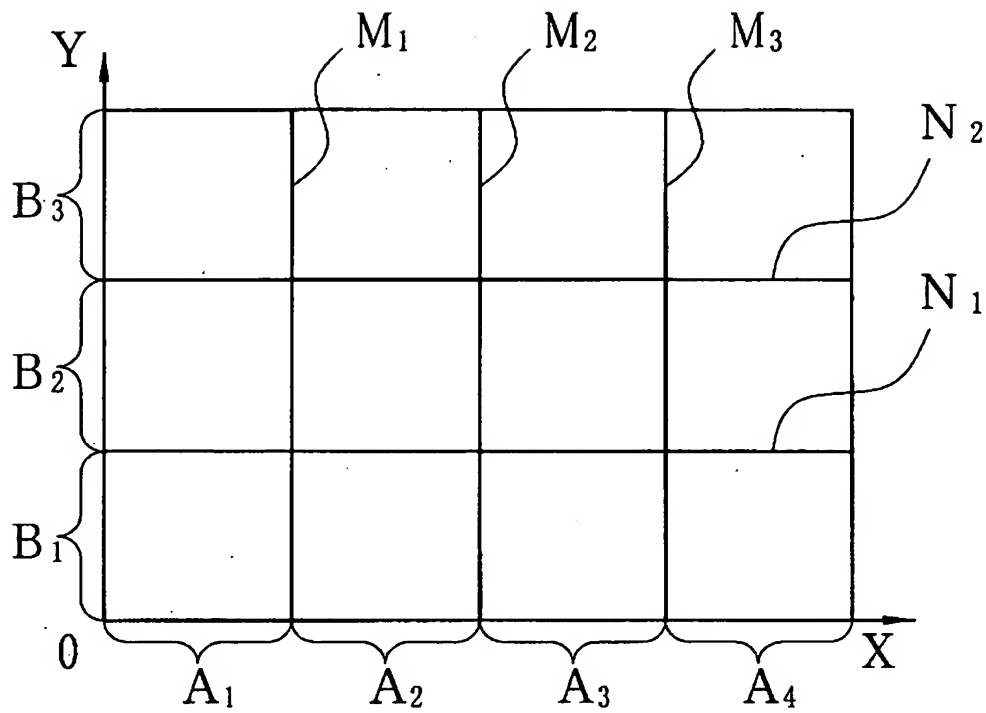
【図5】



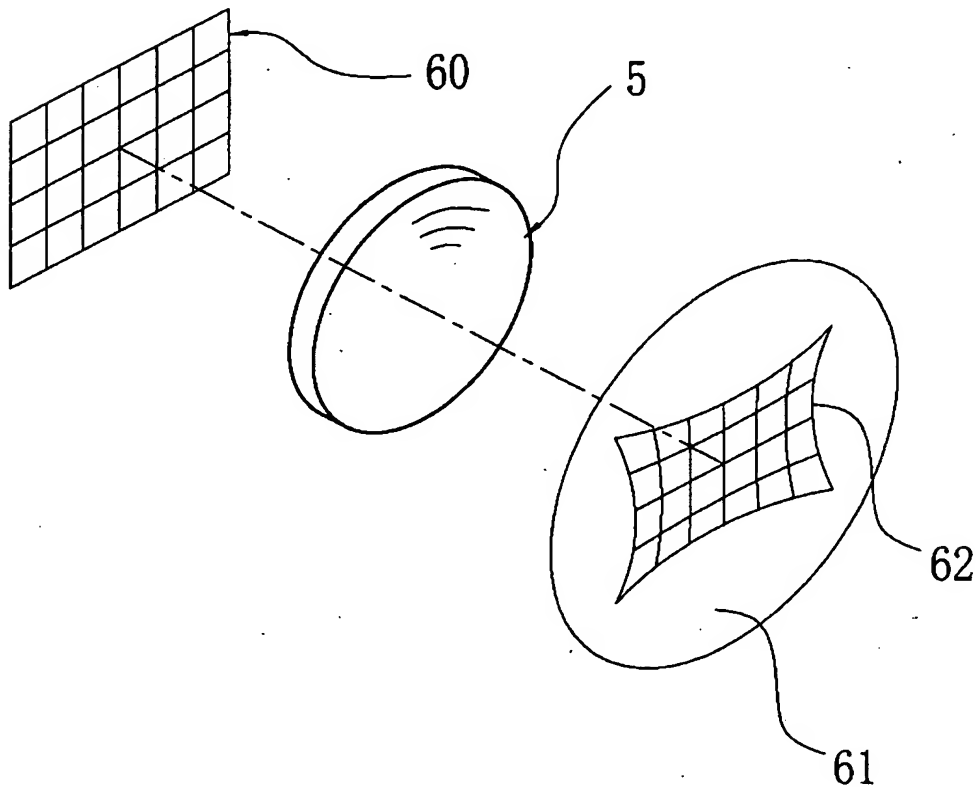
【図 6】



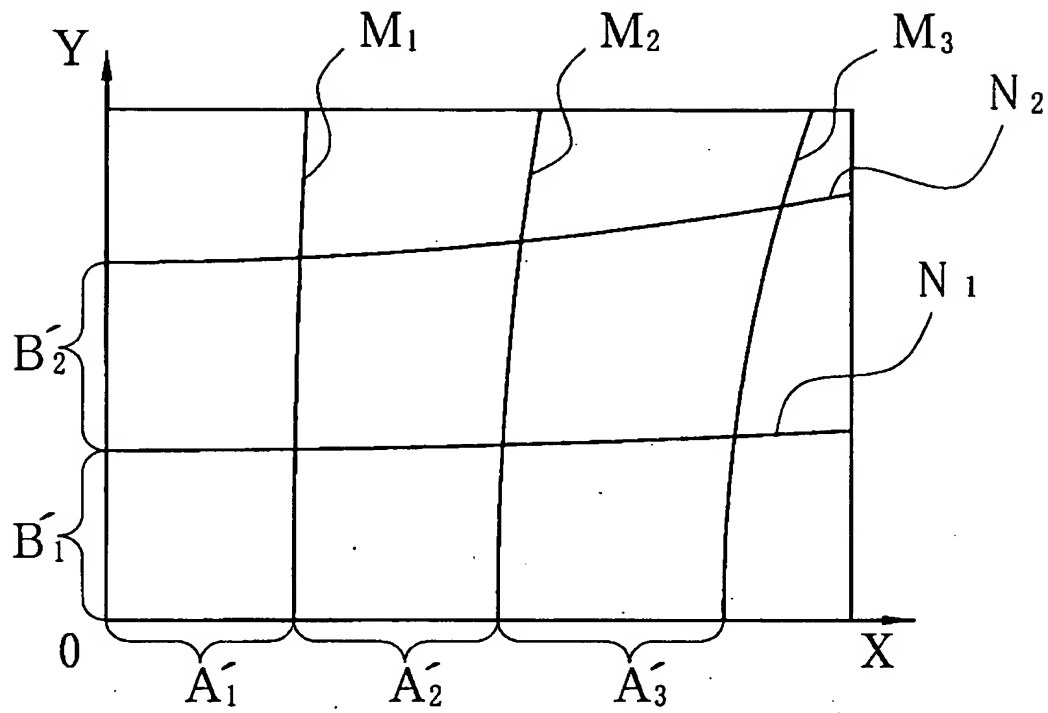
【図 7】



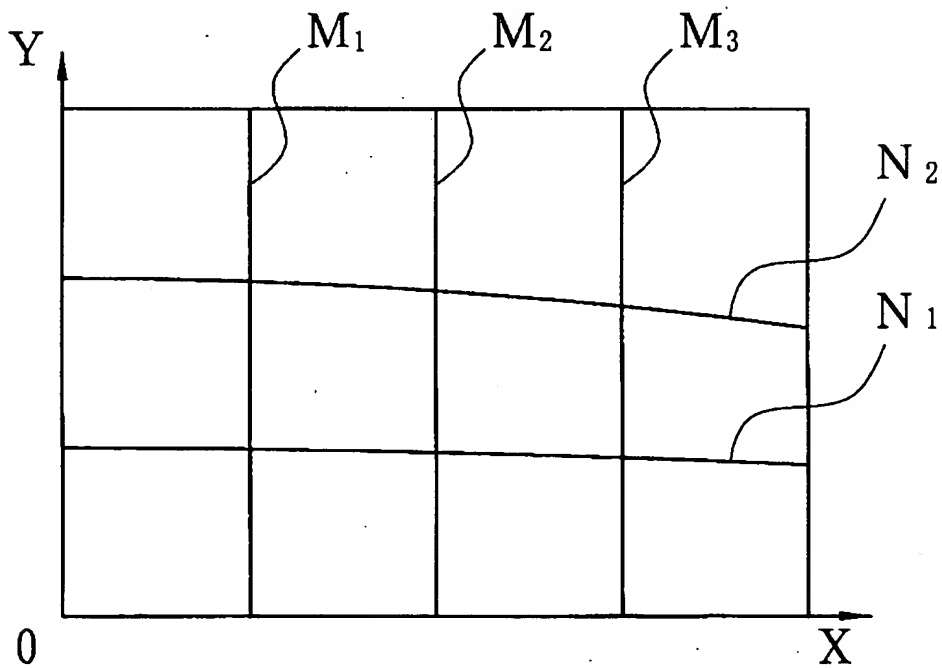
【図 8】



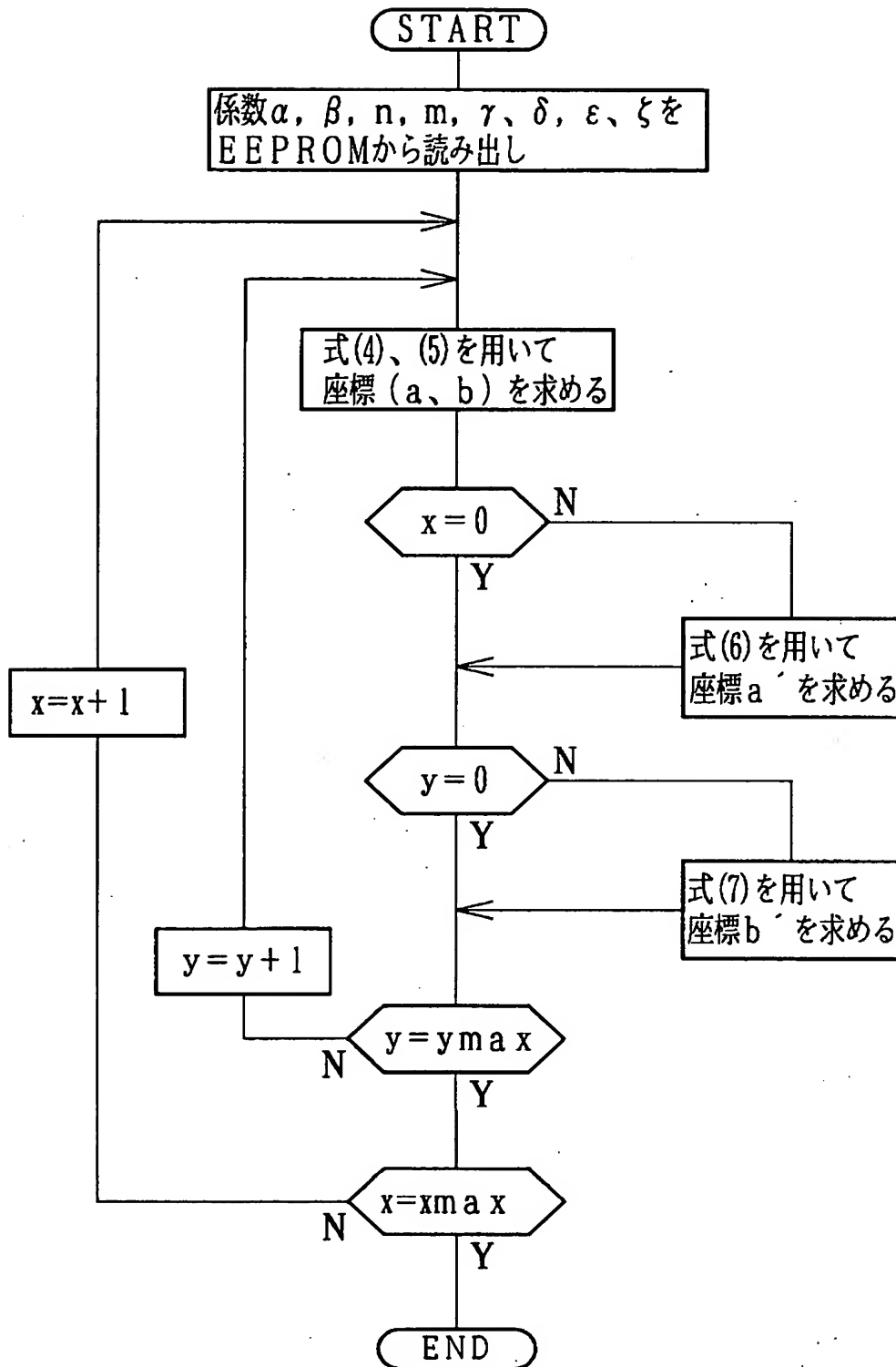
【図 9】



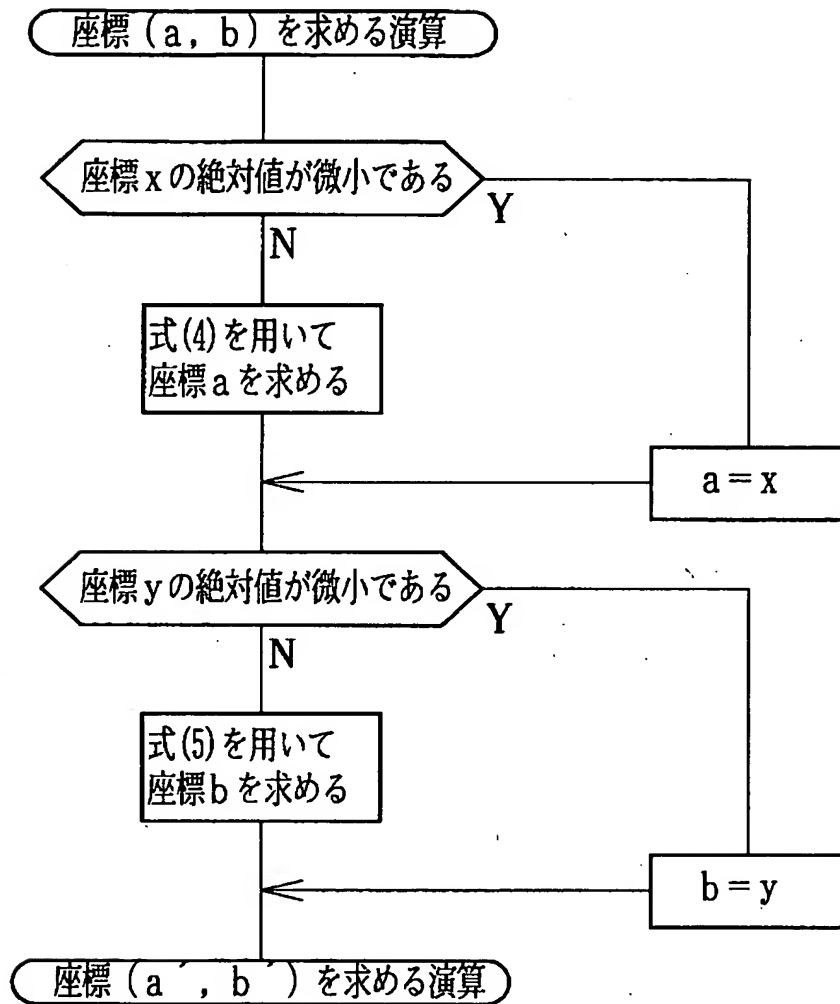
【図 10】



【図 11】



【図 1 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 撮影画像の歪みを、簡単な演算処理を行うことにより補正する。

【解決手段】 撮影レンズに起因するディストーション、及び像面湾曲の対策として、露光画面を湾曲させて支持したことに起因する歪みから、被写体の直線部分は図示するような歪みを持った曲線となってフィルムに結像される。この曲線部分を円周で近似した近似円を設定し、この近似円のうち、座標 (x, y) を通過し、かつ X 軸上に曲率中心を持つ X 軸上中心近似円 C_1 と、座標 (x, y) を通過し、かつ Y 軸上に曲率中心を持つ Y 軸上中心近似円 C_2 とを求め、X 軸上中心近似円 C_1 と X 軸との交点 a と、Y 軸上中心近似円 C_2 と Y 軸との交点 b を導き出し、座標 (x, y) を座標 (a, b) に座標変換する画像処理を施している。

【選択図】 図 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005201]

1. 変更年月日 1990年 8月14日
[変更理由] 新規登録
住 所 神奈川県南足柄市中沼210番地
氏 名 富士写真フイルム株式会社